

# 超新星で探る赤色超巨星の質量放出機構

---

守屋堯

(国立天文台)

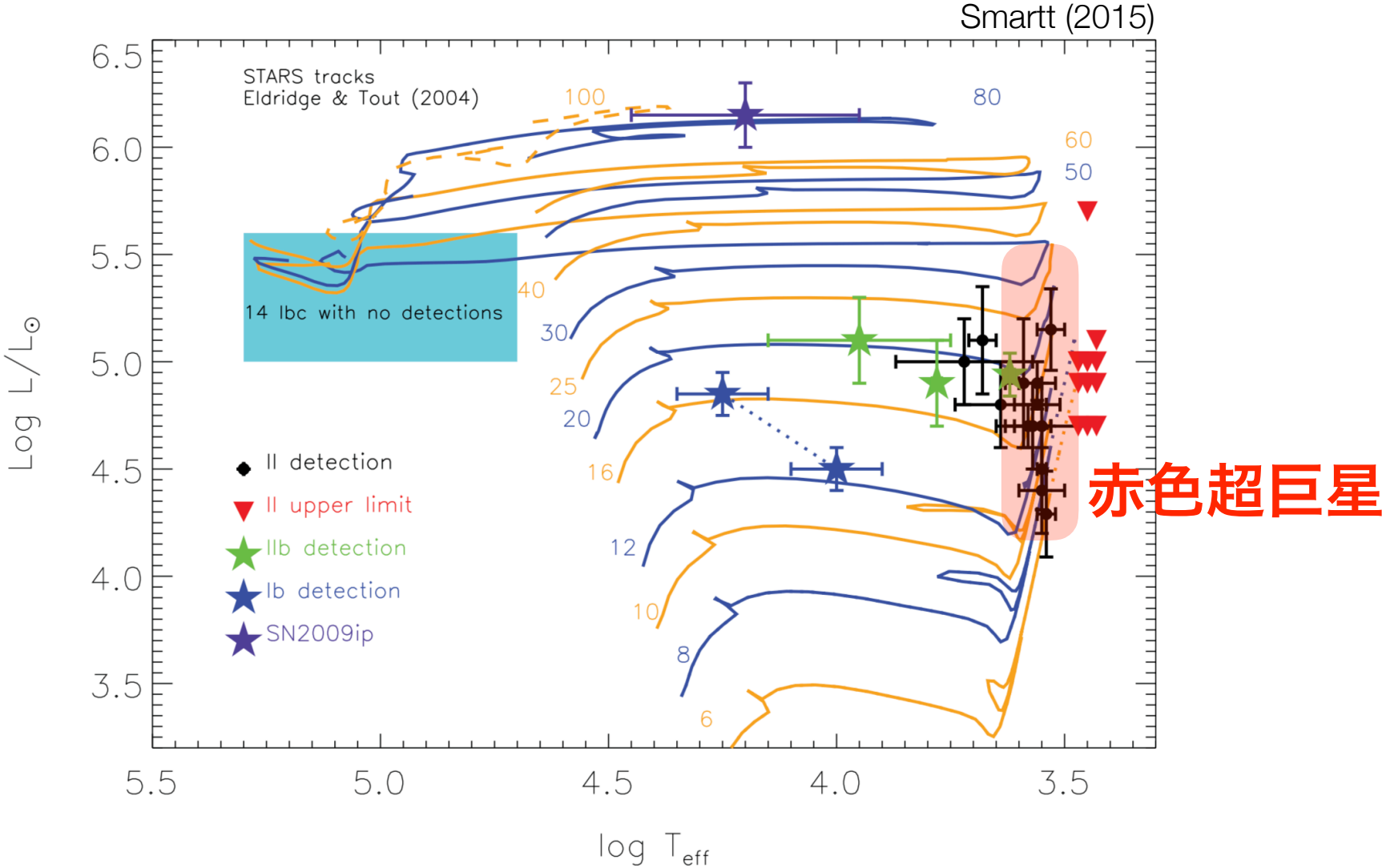
F. Förster (チリ大学), S.-C. Yoon (ソウル大学), G. Gräfener (ボン大学),

S.I. Blinnikov (モスクワ大学)



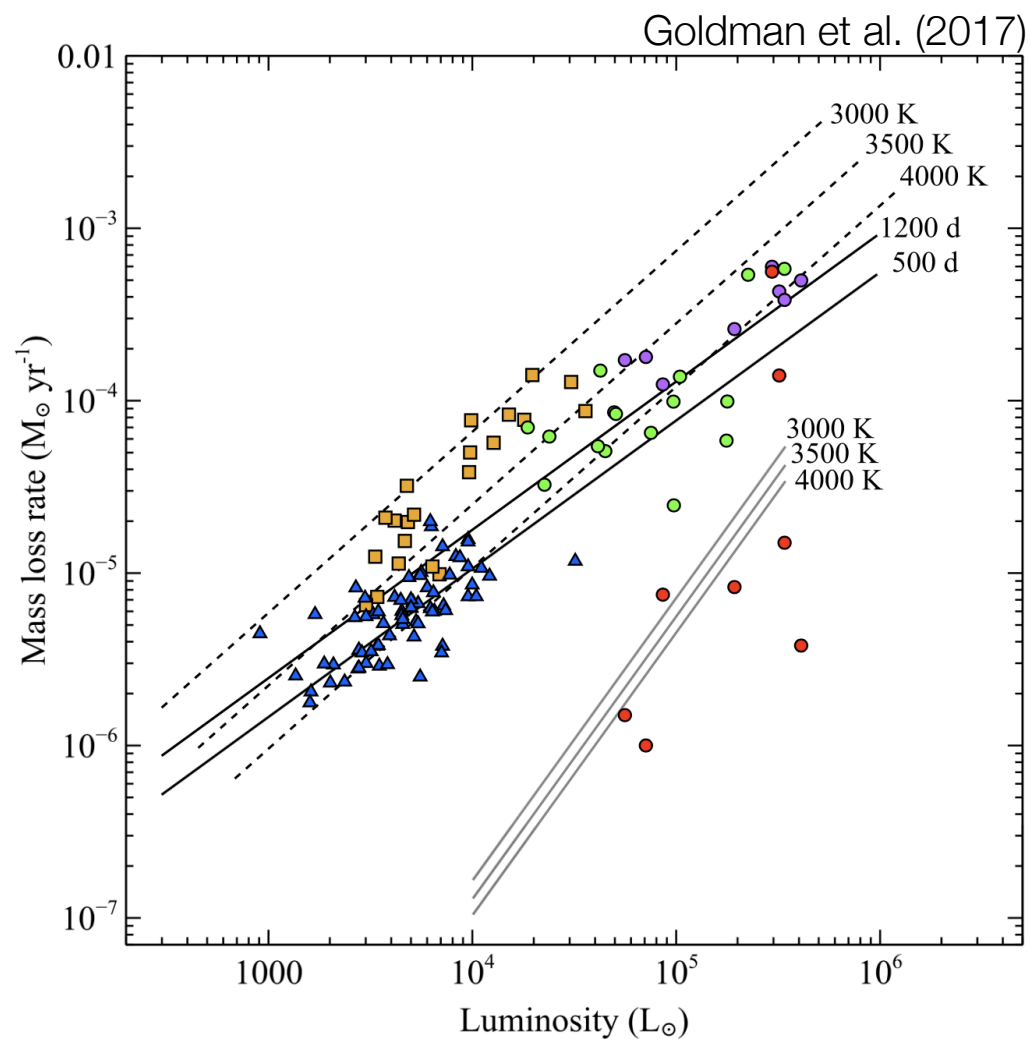
# 赤色超巨星

- II型超新星の親星



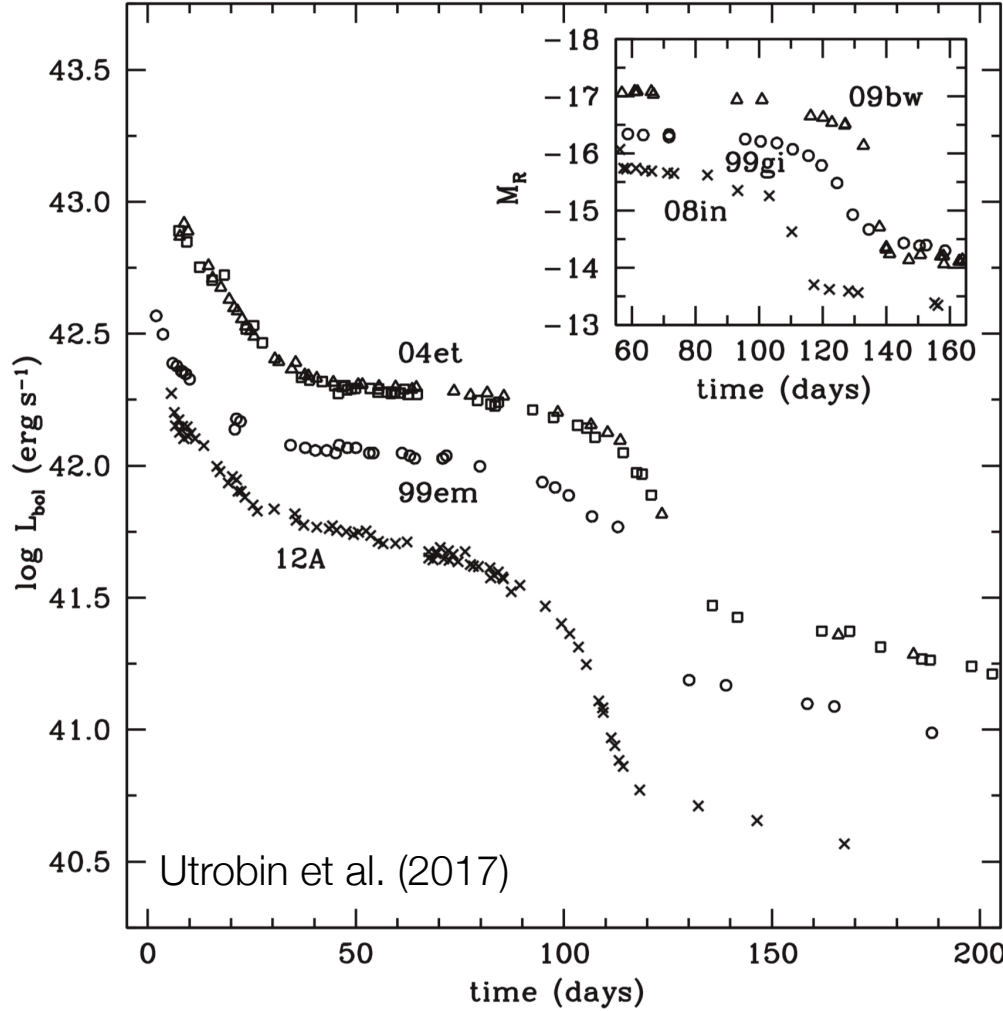
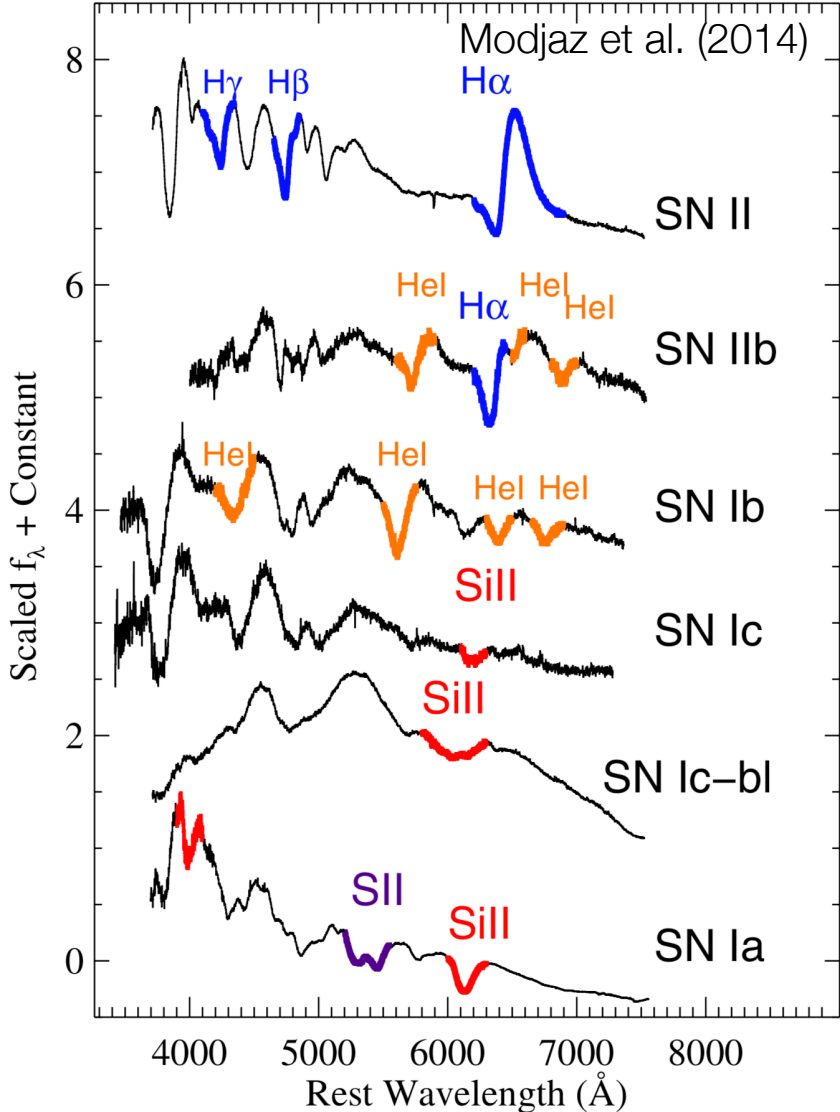
# 赤色超巨星の質量放出

- 質量放出機構はよく分かっていない
  - ダスト？
  - 振動？
  - 対流？
  - その他？



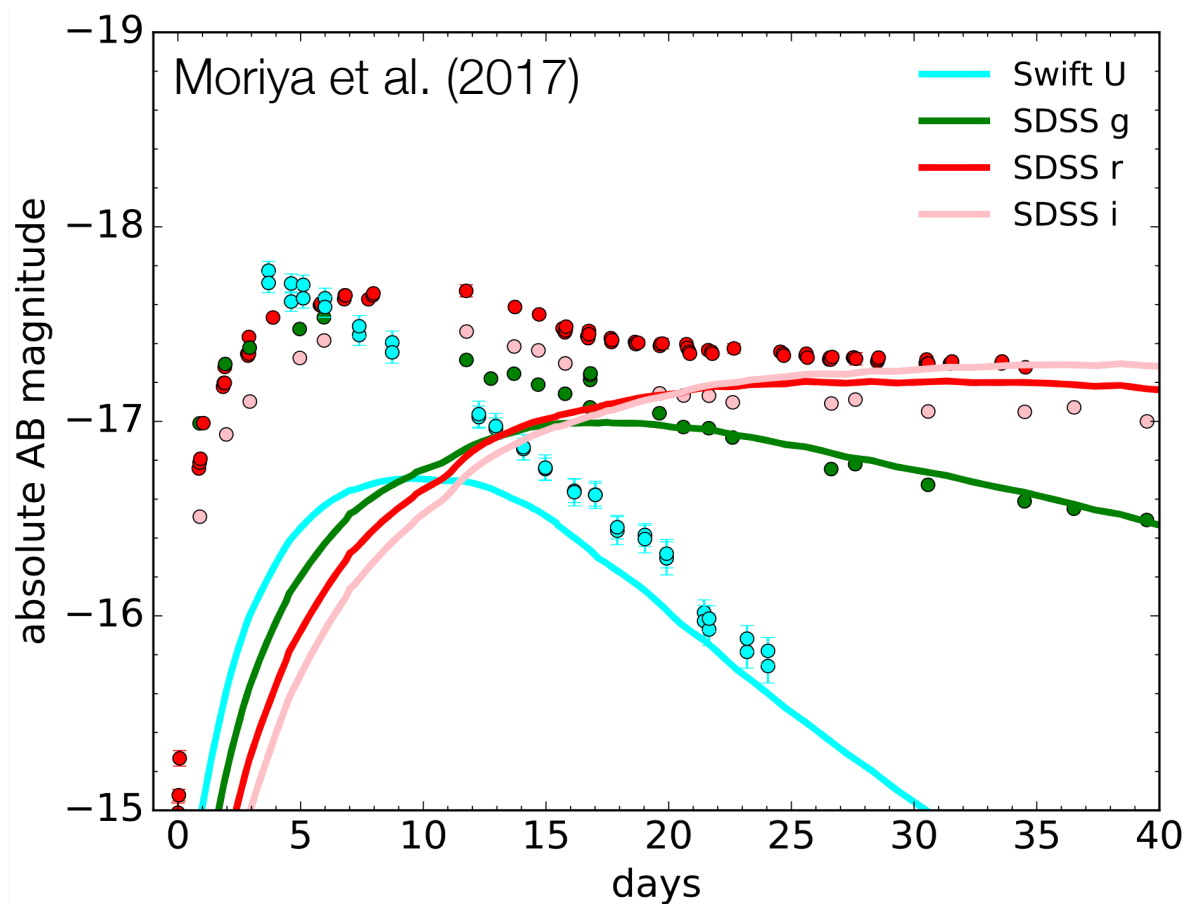
# 赤色超巨星の爆発

- II型超新星として観測される



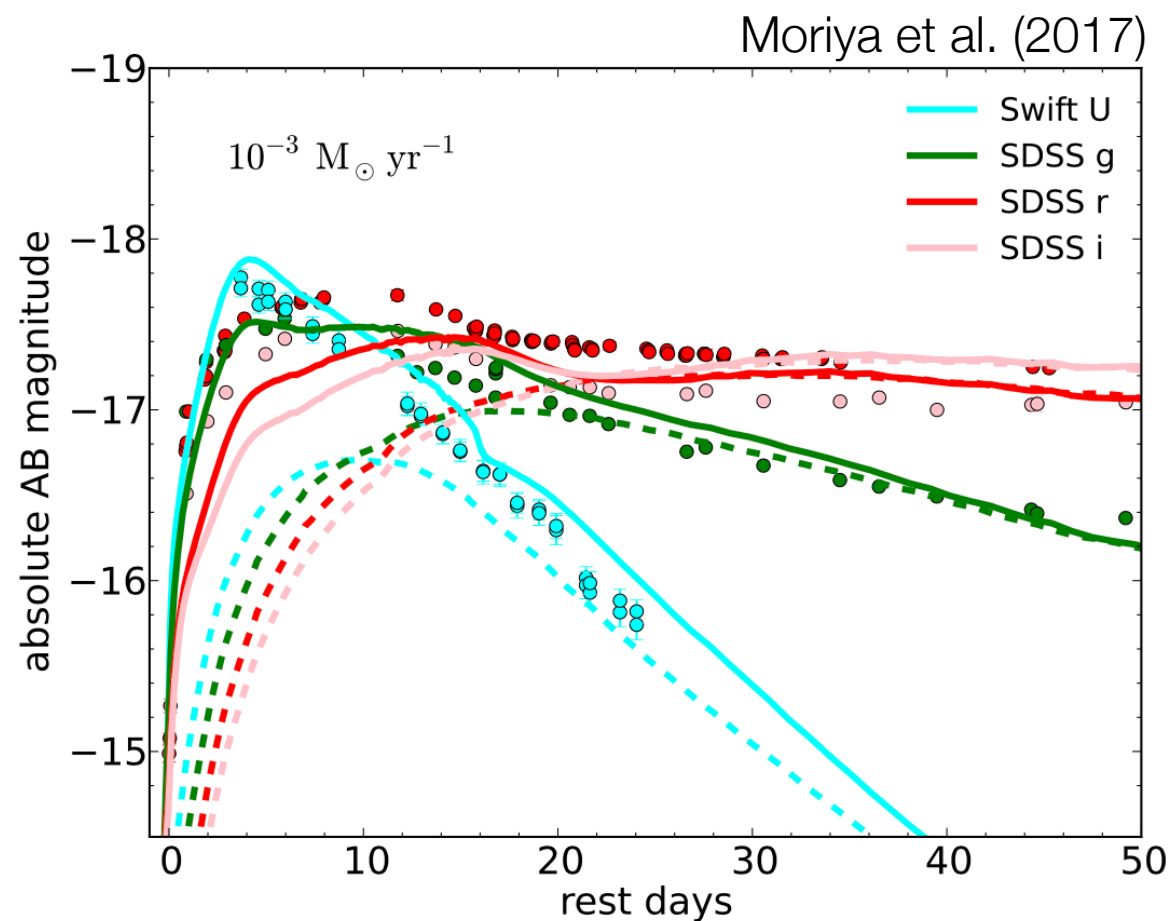
## II型超新星の可視光での増光時間

- 観測される可視光での増光時間が短い（10日弱, Gonzales+ '15）
  - 断熱膨張による温度低下の時間スケールで可視光増光時間は決定
  - 赤色超巨星親星モデルを元に計算すると10日以上



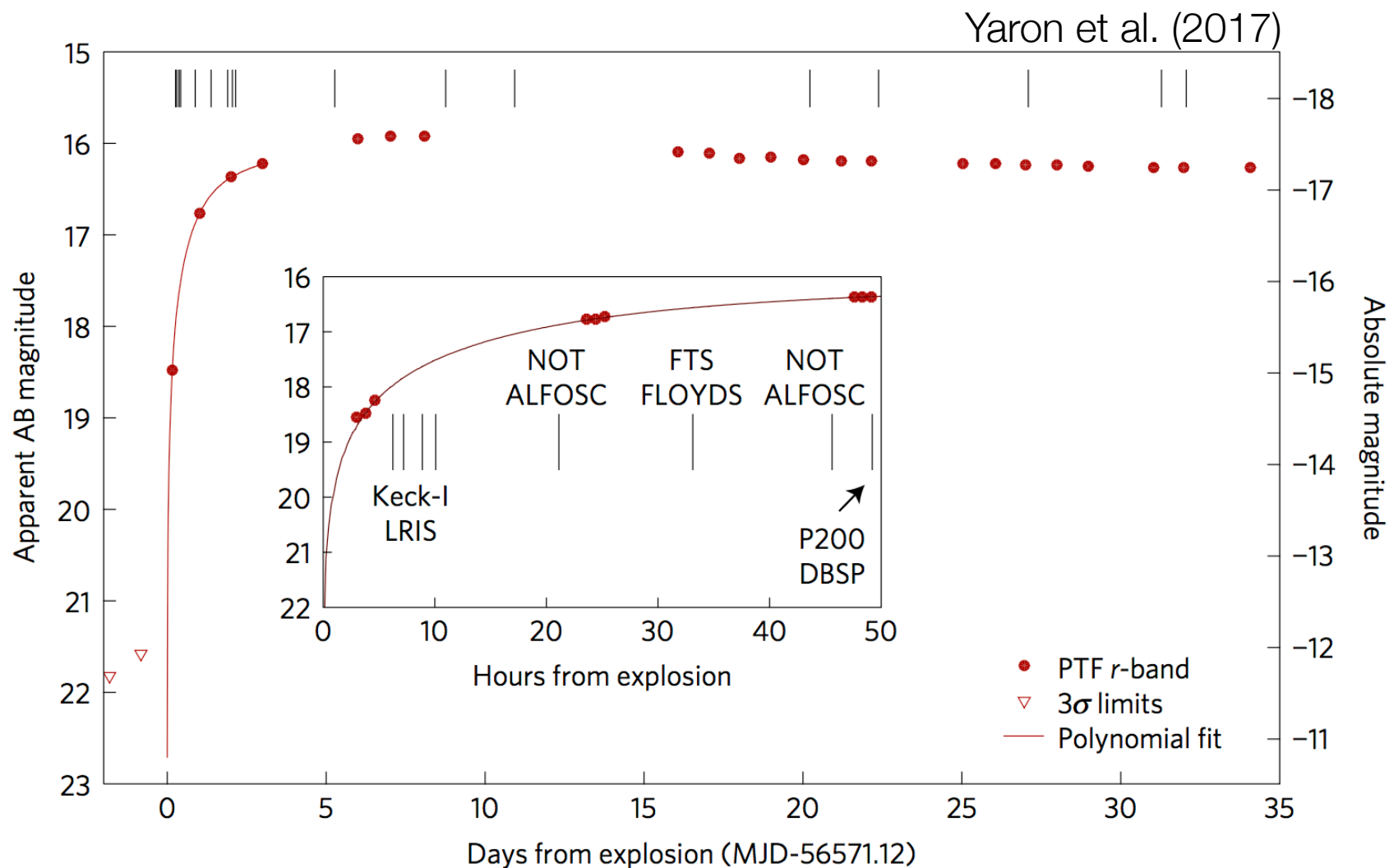
# II型超新星の可視光での増光時間

- 高密度星周物質による早い増光



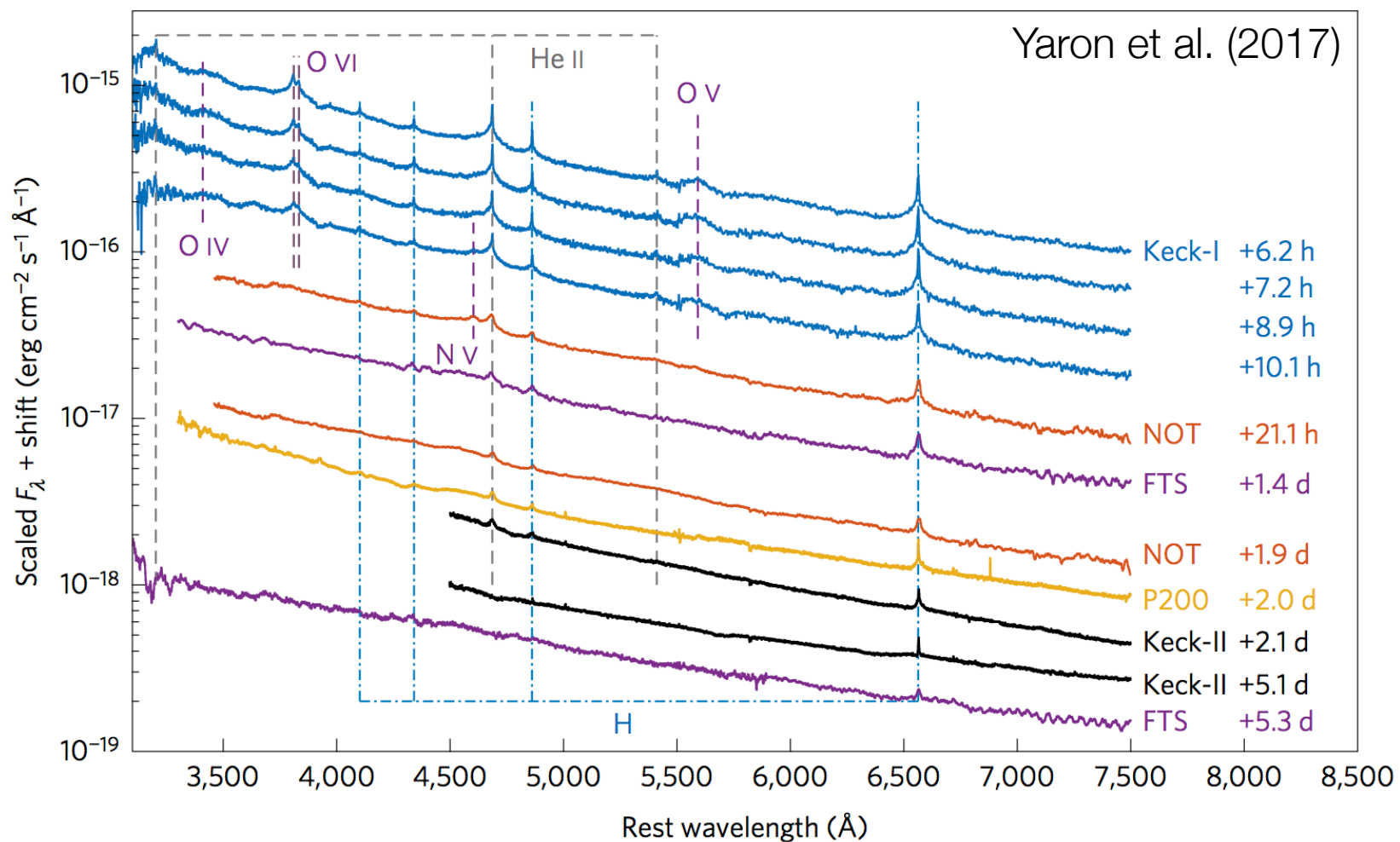
# SN 2013fs: 爆発直後に発見されたII型超新星

- 爆発後約3時間に発見される



# SN 2013fs: 爆発直後に発見されたII型超新星

- 爆発後約6時間にスペクトルが取られる
  - 非常に細い水素輝線が観測される：高密度星周物質が存在



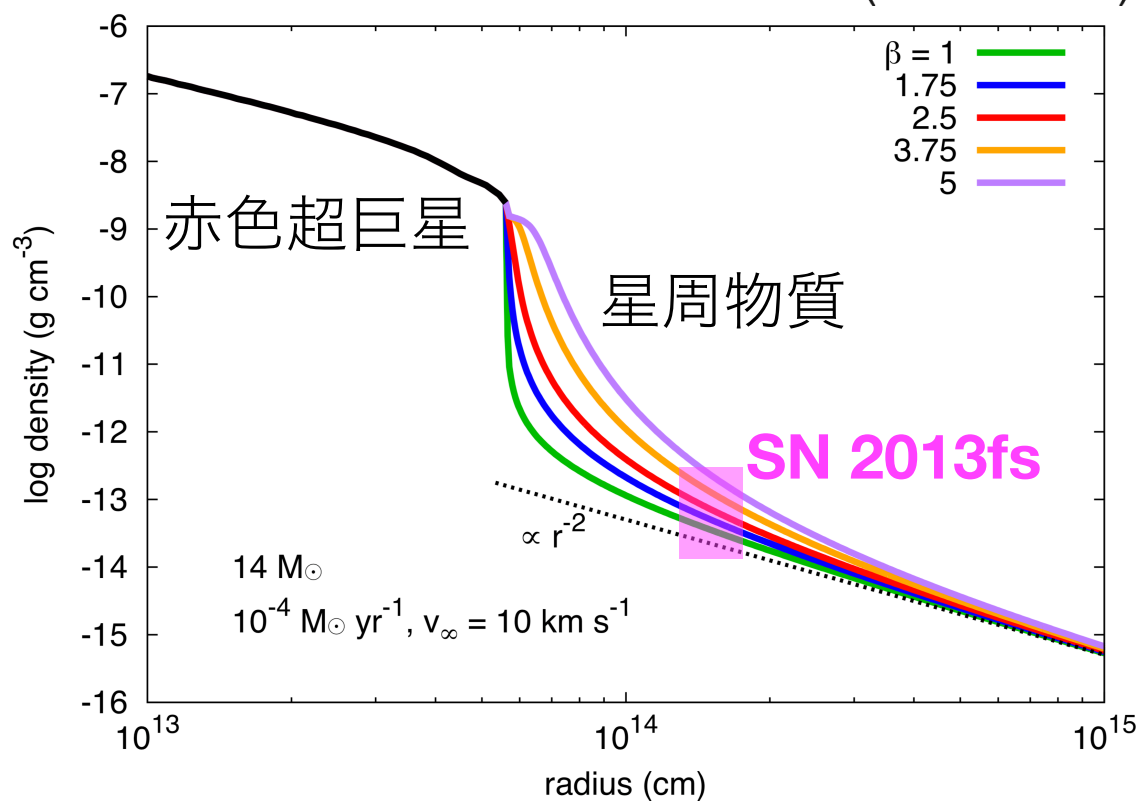


# 爆発直後＝親星直近：恒星風加速の影響

$$\rho_{\text{CSM}}(r) = \frac{\dot{M}}{4\pi v_{\text{wind}}(r)} r^{-2}$$

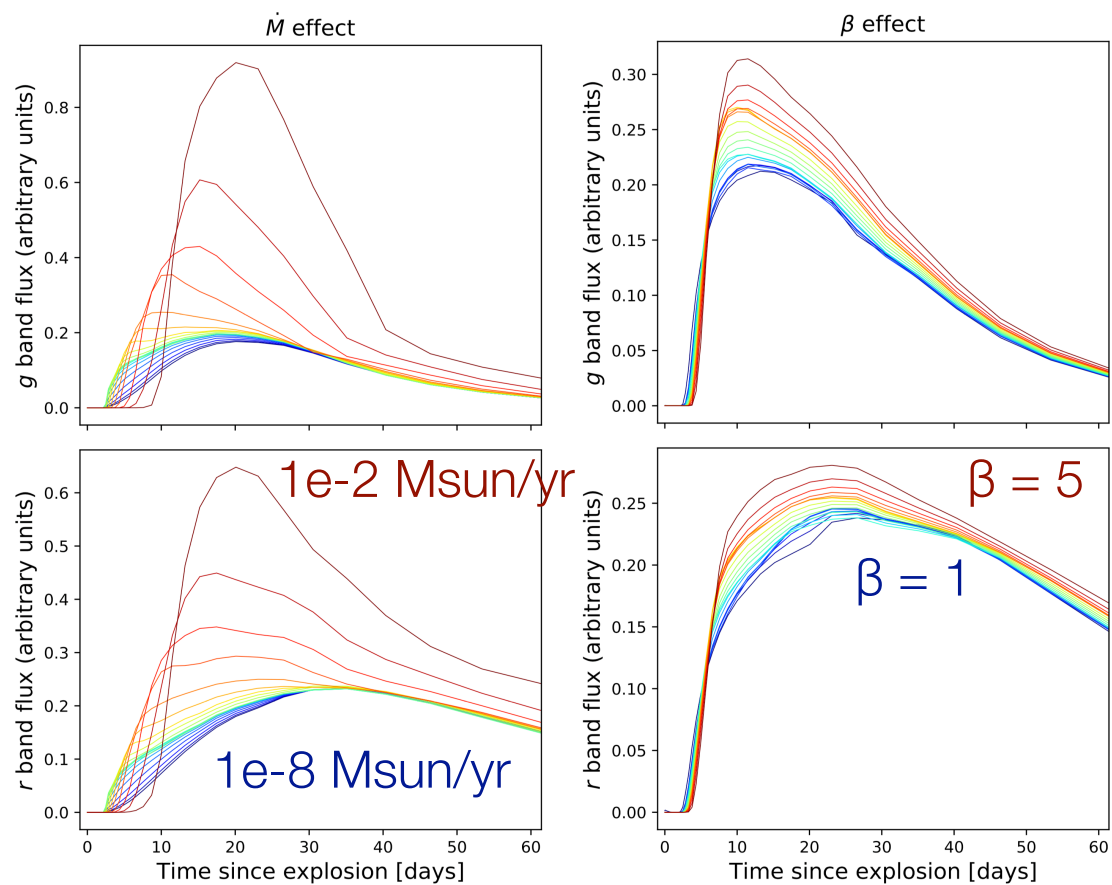
$$v_{\text{wind}}(r) = v_0 + (v_{\infty} - v_0) \left( 1 - \frac{R_{\star}}{r} \right)^{\beta}$$

加速機構の指標

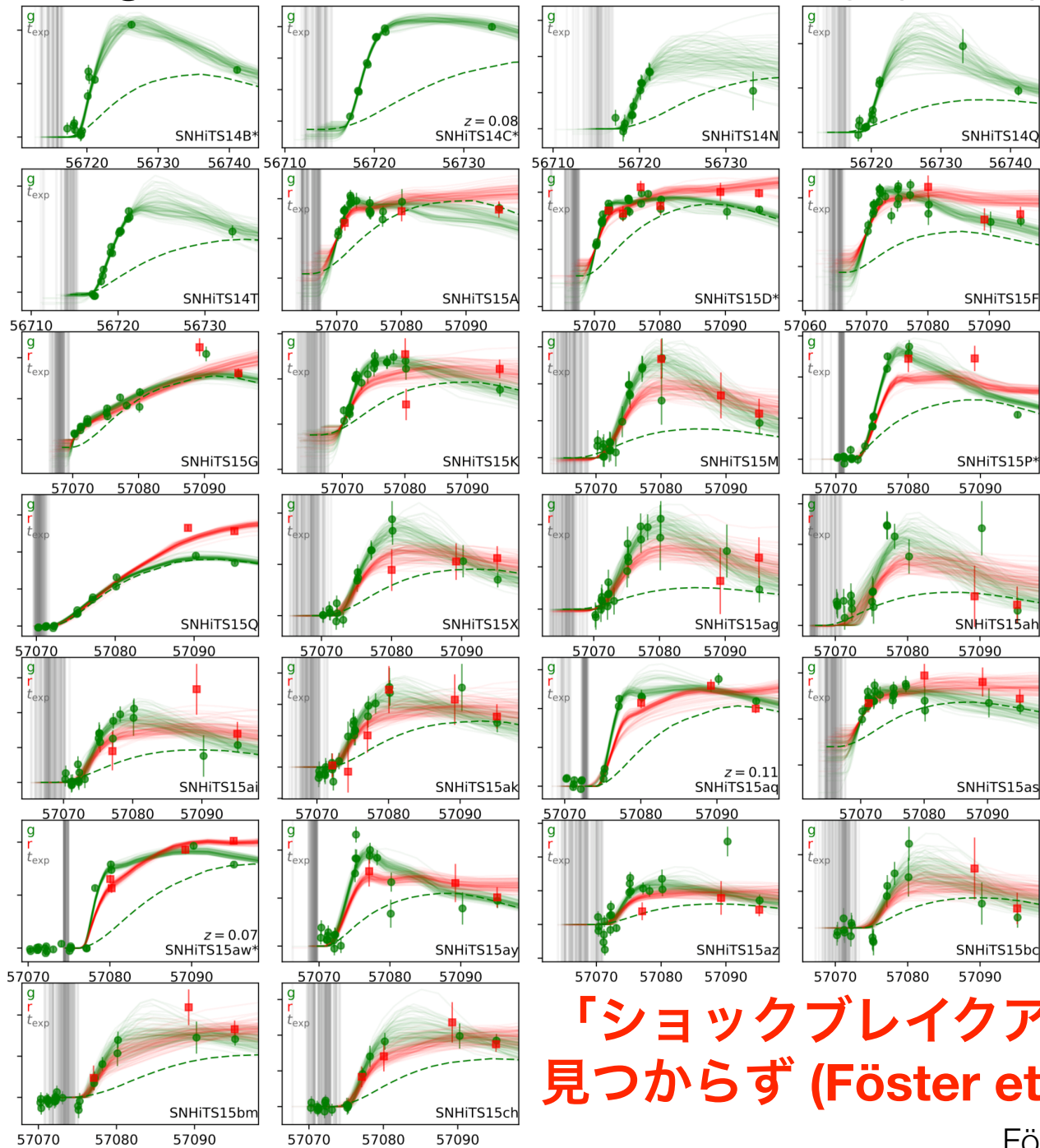


# 恒星風加速の超新星初期光度曲線への影響

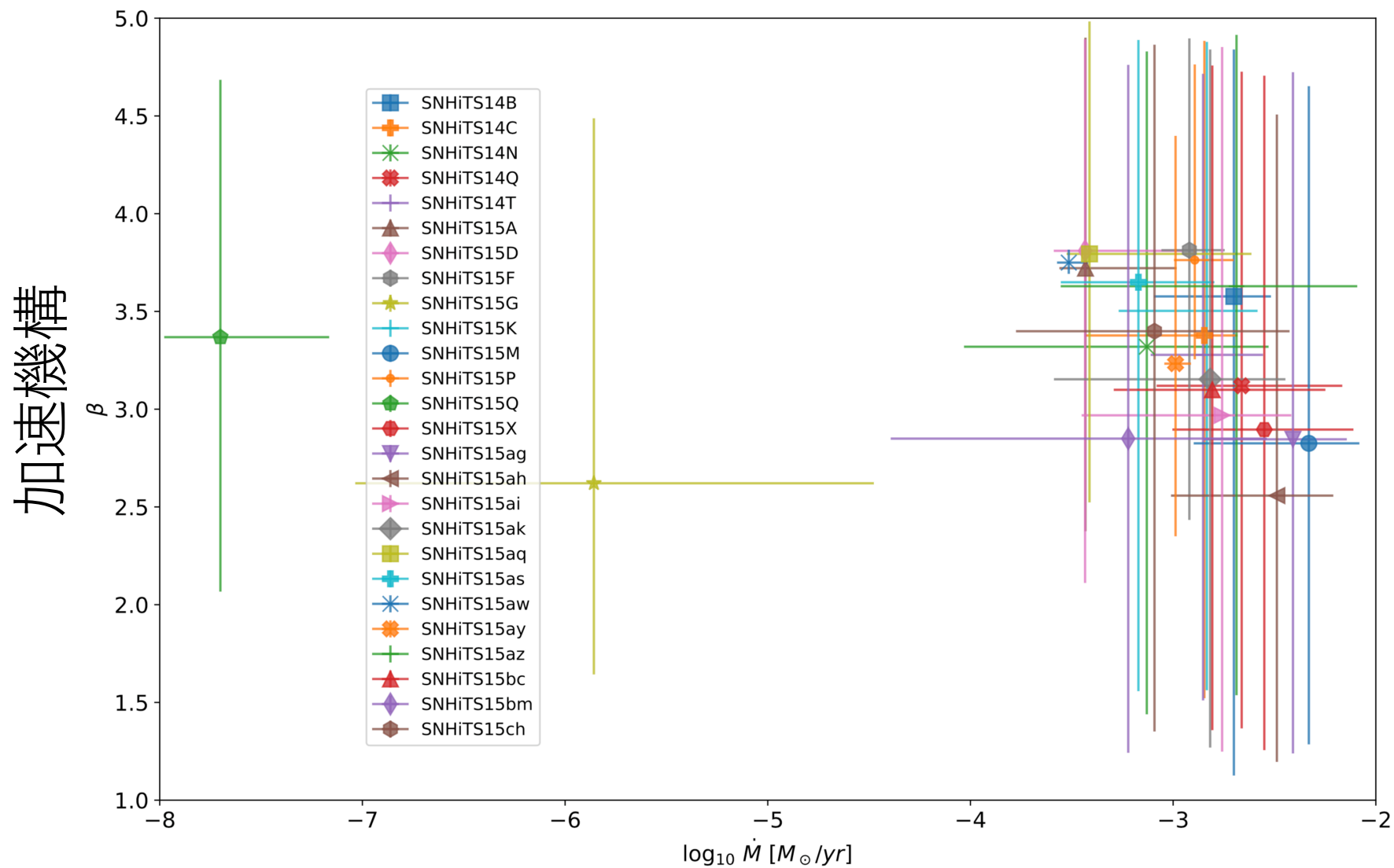
- 様々な質量放出率と $\beta$ を仮定して光度曲線を計算
  - 1次元多波長輻射流体力学コードSTELLAを使用
  - 親星や爆発エネルギーも変える：全部で約600モデル



# 増光が捕らえた26個のII型超新星 High cadence Transient Survey (HiTS)

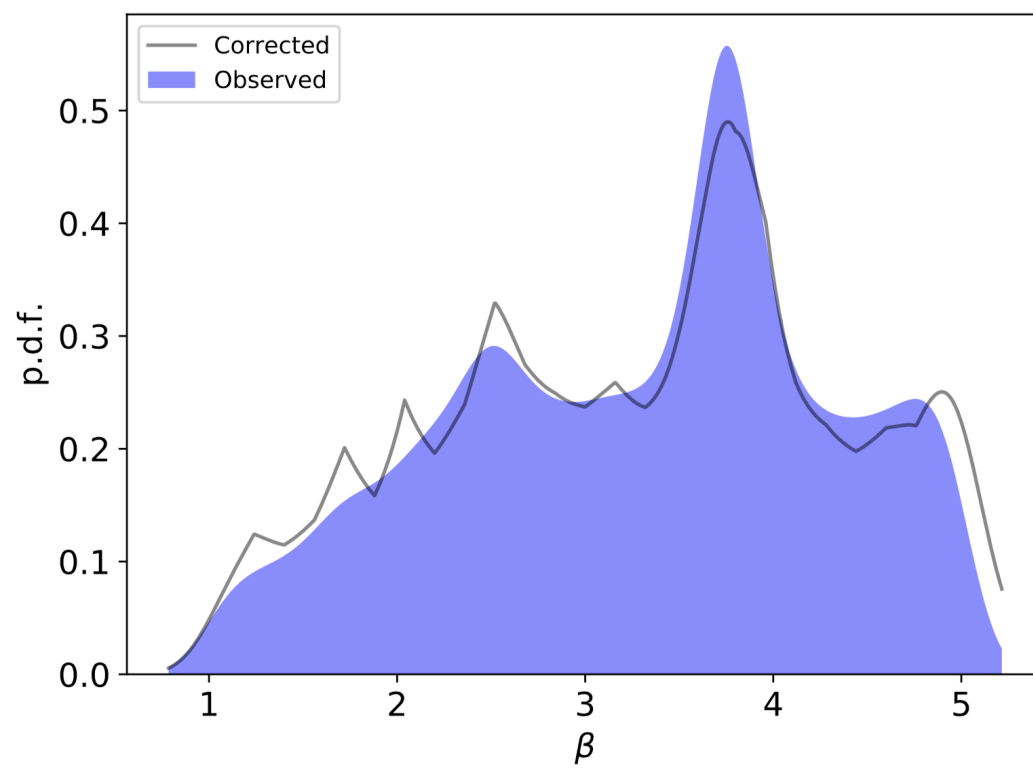
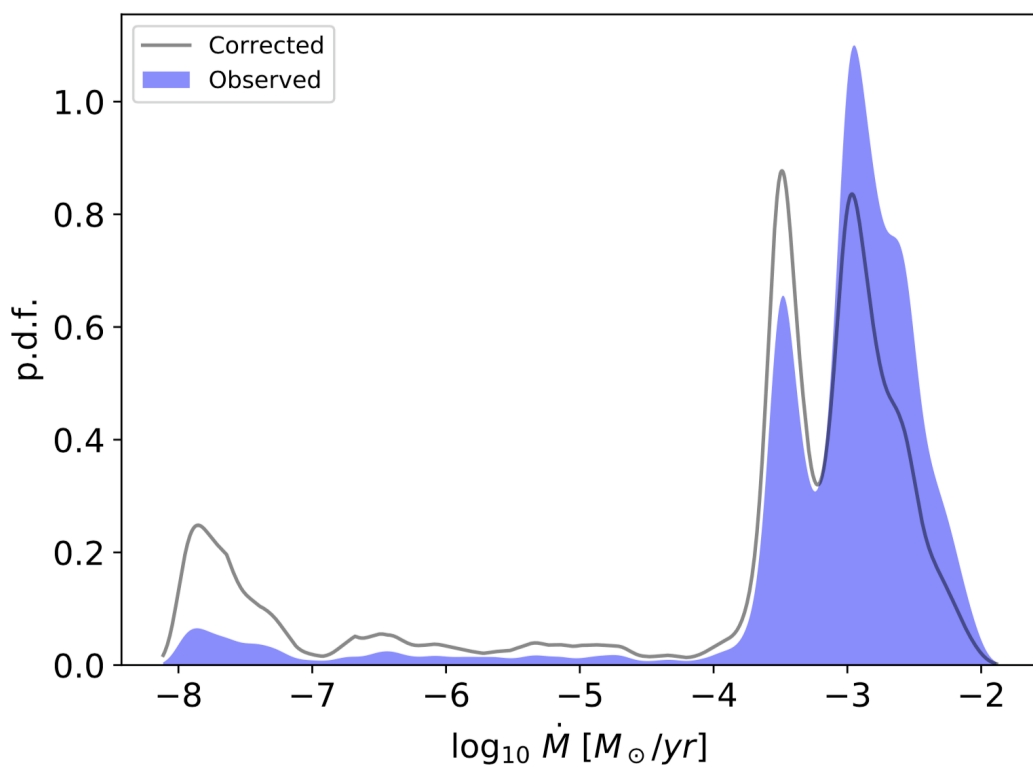


# 光度曲線から見積もられた質量放出パラメタ



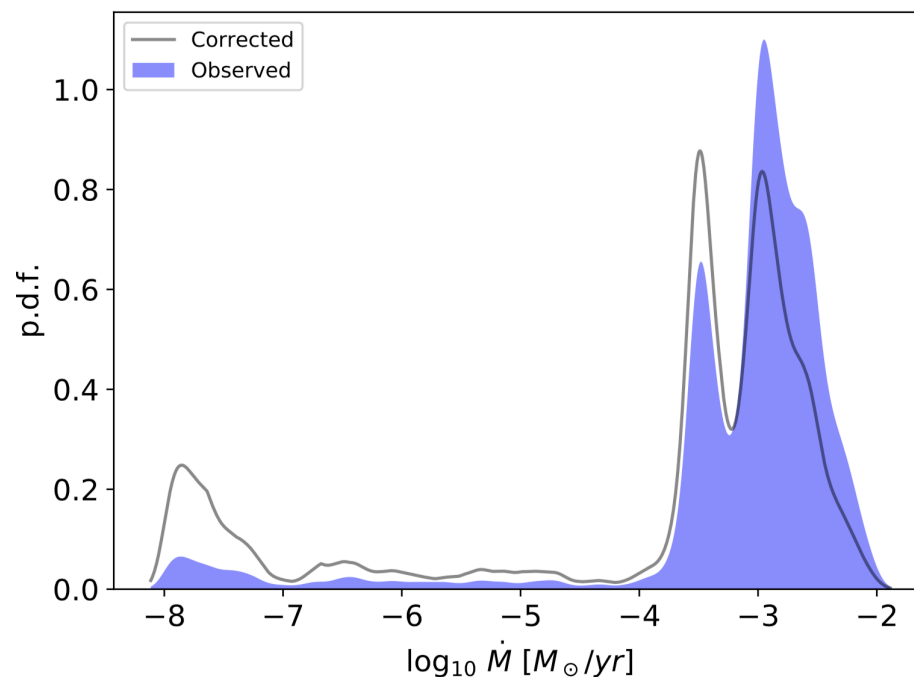
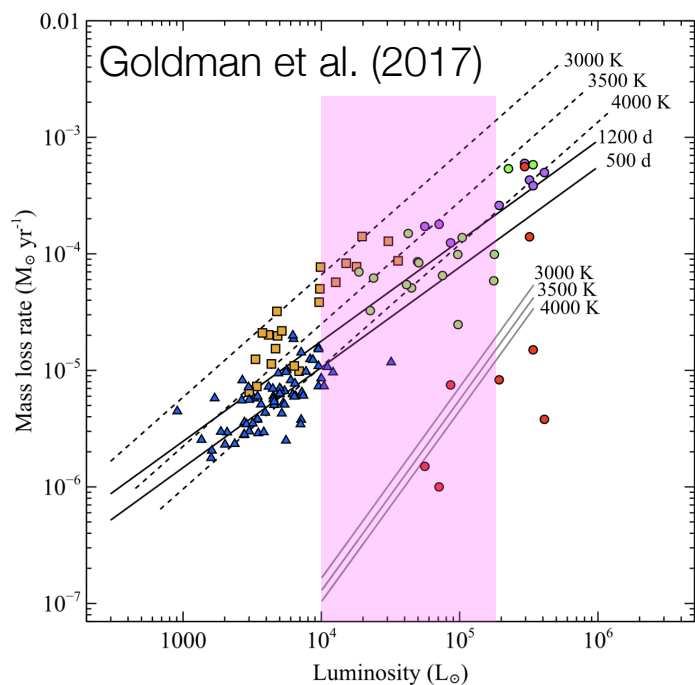
質量放出率

# 光度曲線から見積もられた質量放出パラメタ



# 爆発直前の赤色超巨星の質量放出

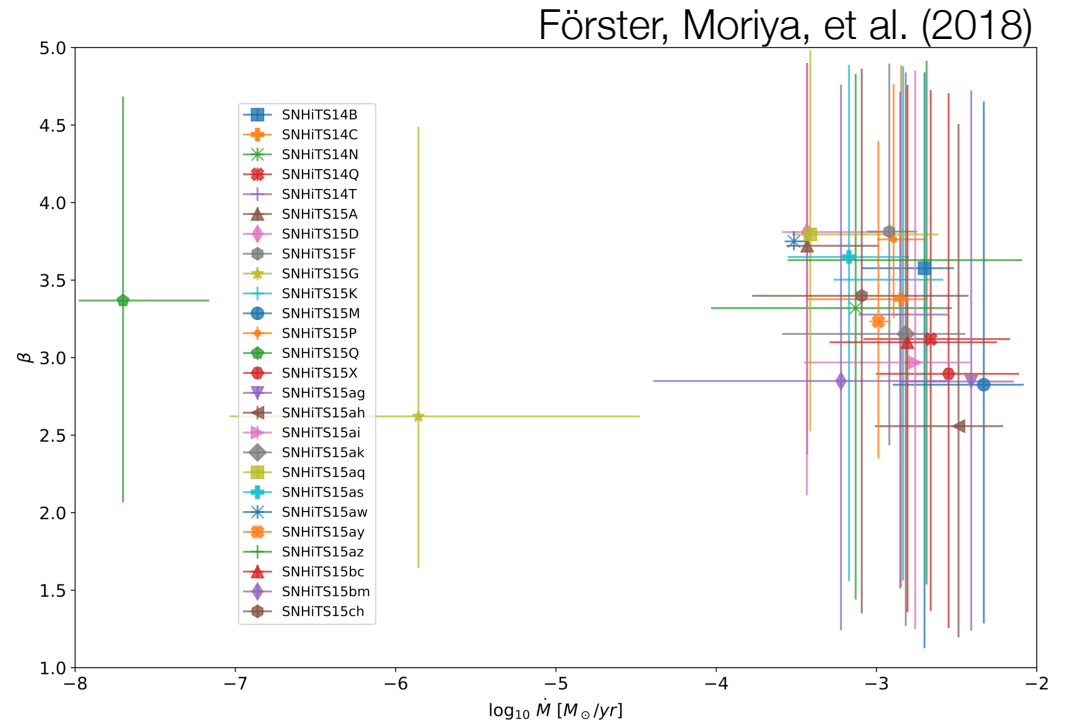
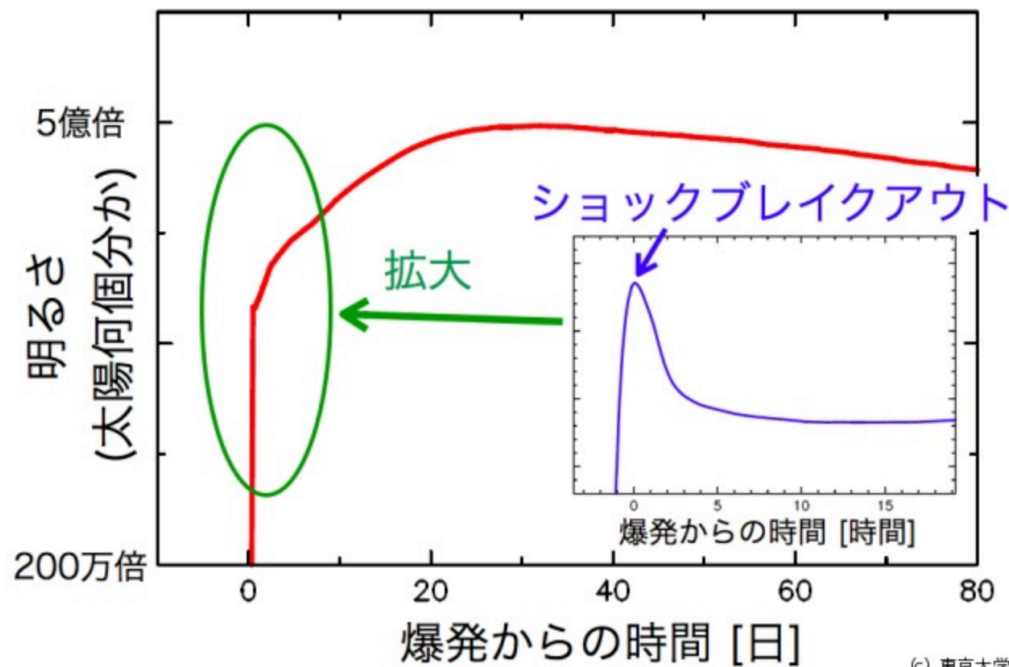
- 爆発直前の赤色超巨星の質量放出率は $1e-4 M_{\odot}/\text{yr}$ 以上
  - 爆発直前に質量放出率が上昇するメカニズムが存在？
  - 通常の赤色超巨星の質量放出機構との違いはまだ不明



- 通常の赤色超巨星の $\beta$ の観測は難しい
  - $\zeta$  Aur:  $\beta \sim 3.5$  (Baade et al. 1996)

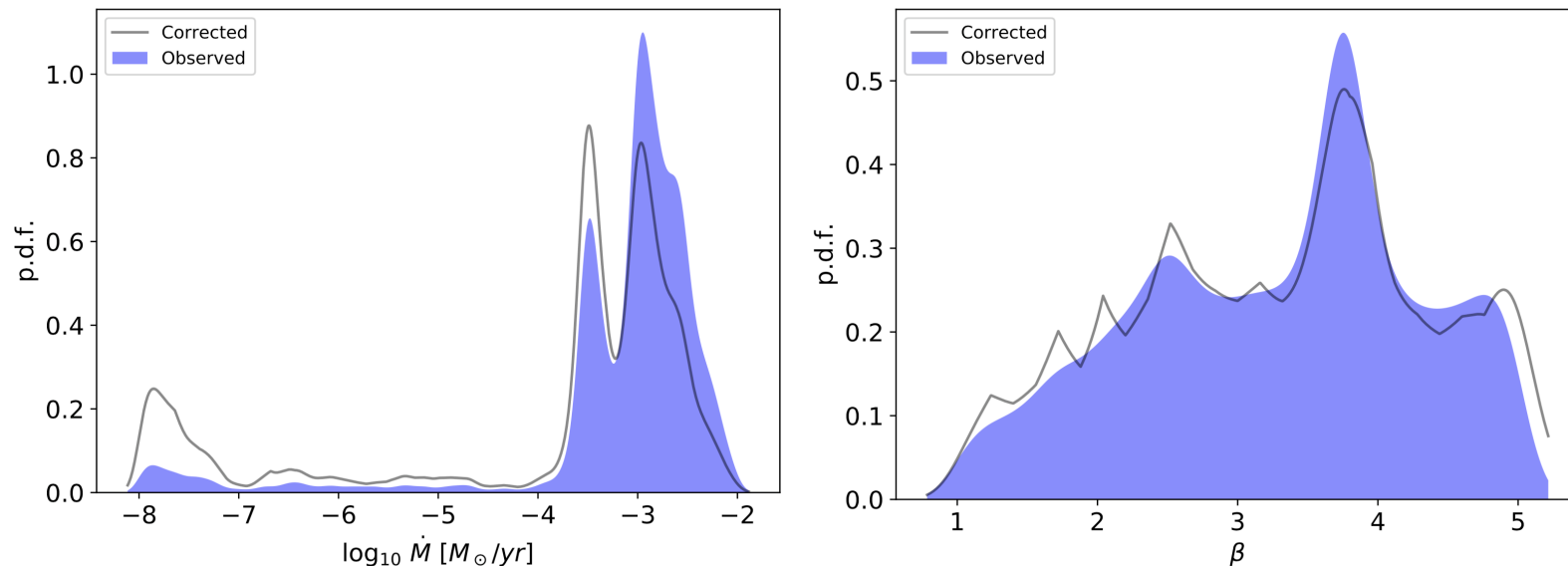
# 「ショックブレイクアウト」は見つからない！？

- ・ 爆発時の赤色超巨星のごく近傍は高密度星周物質に満ちている
- ・ ショックブレイクアウトが星周物質によってならされてしまう
- ・ II型超新星のショックブレイクアウトは可視光でほとんど受からない！？
- ・ II型超新星の初期観測量はむしろ星周環境/質量放出を強く反映？



# まとめ

- 赤色超巨星の質量放出機構はよく分かっていない
- II型超新星爆発初期の観測量は星周物質の影響を強く受けている
- 初期光度曲線を用いて爆発直前の質量放出の様子を解明



- $\beta$ を制限：今後質量放出機構へ繋げていきたい
- II型超新星のショックブレイクアウトは可視光で受からないかも